

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛИЙ-40 В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА
РОССЫПЕЙ УРАН-ТОРИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

П.Н. Матина¹, Г.А. Колотков²

Научный руководитель: к.т.н. Г.А. Колотков

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,

Россия, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1, 634055

E-mail: matina_polina@mail.ru

**ENERGETIC CHARACTERISTICS OF POTASSIUM-40 IN THE LAND-BASED AIR LAYER OF
URANIUM-TORIE DEPOSITS**

P.N. Matina¹, G.A. Kolotkov²

Scientific Supervisor: Ph.D. G.A. Kolotkov

¹National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

²V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Russia,

Tomsk, Academician Zuev Ave., 1, 634055

E-mail: matina_polina@mail.ru

Abstract. *The present study presents the energy spectra and average characteristics of the beta decay electrons of potassium-40, and the physico-chemical reactions occurring under the action of uranium, thorium and potassium-40 are analyzed, taking into account the total radiation intensity...*

Введение. В последние годы постоянно растет спрос на редкоземельные элементы, что связано с ростом высокотехнологичных производств в мире. Необходимо отметить, что сильно выраженные эндогенные урановые месторождения являются наиболее известными залежами редкоземельных металлов. Анализ литературных данных показал, что практически все редкоземельные месторождения в комплексе содержат торий. По мнению автора, для поиска таких месторождений наиболее перспективным представляется использование пассивных методов дистанционного детектирования повышенного уровня радиоактивности в областях их нахождения с помощью дистанционного микроволнового метода и бортового радиометрического комплекса.

Большой объем исследований радиоизлучательных характеристик земных покровов в микроволновом диапазоне, осуществленных до 2000 года, обобщен в ряде монографий и обзоров [1 – 4]. Исследована возможность использования различных датчиков и методы, используемые для дистанционной идентификации и картографирования участков, подвергшихся радиационному загрязнению, в т.ч. со спутников [5 – 6].

В ИОА СО РАН развивается метод, основанный на детектировании спонтанного излучения атомарного водорода (H) и гидроксила (OH) из области шлейфа радиоактивных выбросов предприятий ЯТЦ на частотах 1420 и 1665–1667 МГц, соответственно [7]. Развитие метода направлено на

обнаружение таких индикаторов радиоактивности, как уран и торий. Это дает новые возможности обнаружения месторождений редкоземельных металлов дистанционно и с высокой чувствительностью.

По степени содержания радиоактивности циркониевые пески относят к повышено радиоактивным или высокорadioактивным. Содержание урана U и Th составляет 0,2 – 20 % по массе в циркониевых минералах. Ключевой характеристикой сопутствующих редкоземельным металлам радиоактивных элементов уран - 238, торий - 232 и калий – 40 является спектр бета-излучения. Урану – 238 и торию - 232 преимущественно соответствует альфа-распад, что не рассматривается в рамках данной модели. Ниже представлен расчет энергетического спектра для калия – 40, поскольку он является бета-радионуклидом.

Для расчета энергетических характеристик использовалось уравнение Спенсера-Фано:

$$\Sigma(E)\Phi(E) - \int_E^{E_0} \Sigma_S(E' \rightarrow E)\Phi(E') = S(E)$$

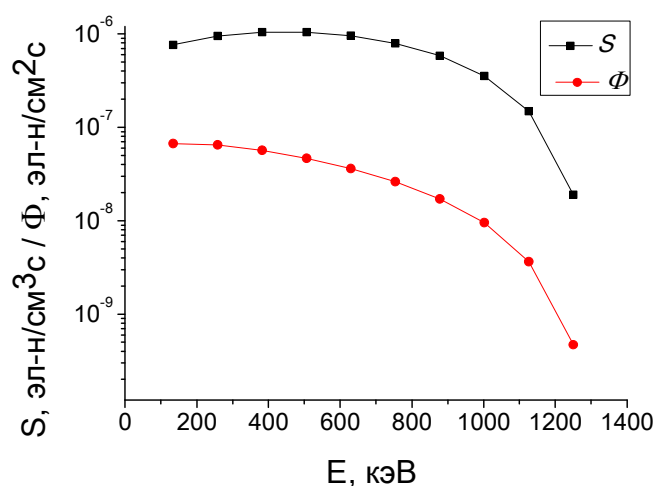


Рис. 1. Энергетический спектр электронов бета-распада ^{40}K – S и деградационный спектр бета-электронов Φ

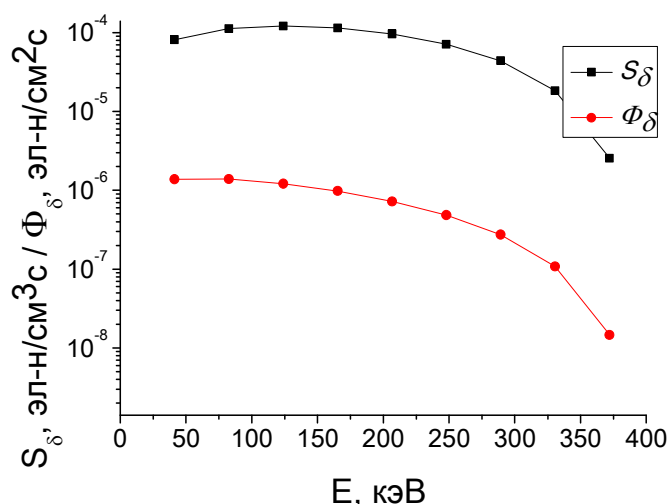


Рис. 2. Спектр вторичных электронов бета-распада ^{40}K – S_δ и деградационный спектр вторичных бета-электронов Φ_δ

Таблица 1

Средние характеристики электронов при содержании ^{40}K в приземном слое порядка 570 Бк/кг

Средние характеристики электронов	Первичные электроны	Вторичные электроны	Третичные электроны
Длина свободного пробега относительно потерь энергии, см	0,017	$3,92 \cdot 10^{-3}$	$1,849 \cdot 10^{-3}$
Время свободного пробега между актами передачи энергии, с	$9,332 \cdot 10^{-13}$	$2,178 \cdot 10^{-13}$	$1,097 \cdot 10^{-13}$
Частота передачи энергии, 1/с	$1,072 \cdot 10^{12}$	$4,592 \cdot 10^{12}$	$9,737 \cdot 10^{12}$
Средняя кинетическая энергия, кэВ	52,745	16,534	5,159

Заключение. Таким образом, получены энергетические спектры и средние характеристики электронов бета-распада калия-40, и анализируя физико-химические реакции, протекающие под действием урана, тория и калия-40, с учетом суммарной интенсивности излучения, можно оценить наличие редкоземельных элементов в россыпном месторождении.

Результаты расчетов также показывают, что энергетический спектр электронов по порядку величины совпадает со спектром электронов, рассчитанных для радиоактивных загрязнений земной поверхности. Радиометр, созданный для обнаружения радиоактивных загрязнений поверхности земли может быть использован для поиска полезных ископаемых, в частности месторождений редкоземельных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ulaby F.T., Moor R.K., Fung A.K. Microwave Remote Sensing: Active and Passive. – 1982. – 1645 p.
2. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.: Наука, 1986. – 189 с.
3. Арманд Н.А., Крапивин В.Ф., Мкртчян Ф.А. Методы обработки данных радиофизического исследования окружающей среды. М.: Наука, 1987. – 270 с.
4. Комаров С.А., Миронов В.Л. Микроволновое зондирование почв. Новосибирск. Научно-издательский центр СО РАН, 2000. 289 с.
5. Салихов Р.С., Туманов М.В., Карелин А.В. Перспективы применения космических аппаратов на платформе «Канопус-В» для мониторинга радиоактивных загрязнений // GEOMATICS. 2014. №4. С. 59-61.
6. Левин В.А., Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Бабяк П.В., Дьяков С.Е., Загуменнов А.А., Еременко А.С., Ким В., Качур В.А., Недолужко И.В., Еременко В.С., Фомин Е.В. Применение технологий спутникового центра ДВО РАН для мониторинга чрезвычайных ситуаций // GEOMATICS. 2014. №4. С. 64-70.
7. Kolotkov G.A., Penin S.T. Remote monitoring of emission activity level from NPP using radiofrequencies 1420, 1665, 1667 MHz in real time // JENR. 2013. V. 115. P. 69–72. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2012.07.004.